



Haaga-Helia  
ammattikorkeakoulu Oy

## 3D-tulostus

Sofia Nieminen

Opinnäytetyö  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
2016



<b>Tekijä</b> Sofia Nieminen	
<b>Koulutusohjelma</b> Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
<b>Opinnäytetyön otsikko</b> 3D-tulostus	<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 20 + 0
<b>Opinnäytetyön otsikko englanniksi</b> 3D-printing	
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia 3D-tulostusta, sen tarjoamia mahdollisuuksia, kuinka 3D-tulostus näkyy markkinoilla kuluttajan näkökulmasta ja miten se vaikuttaa itse kuluttajaan. Käyn läpi muutamia näkökulmia 3D-tulostamisesta kuluttajan näkökulman lisäksi lääketieteellisestä näkökulmasta, jotta aiheesta saataisiin hieman laajempi kokonaisuus.</p> <p>Tätä opinnäytetyötä varten etsin tietoa useista lähteistä pääasiassa internetistä muun muassa uutisartikkeleista. Käytin pohdinnassa tukena myös muutamaa kirjaa. Minulla oli myös mahdollisuus käyttää lähteenä kahta haastattelua, jotka olin tehnyt muutama vuosi sitten: ensimmäinen haastatteluni oli Haaga-Helian opettajan Heikki Hietalan kanssa ja toinen yrittäjän sekä Maker3D:n toimitusjohtajan Jarkko Lohilahden kanssa.</p> <p>Opinnäytetyöni paljastaa paljon tietoa koskien 3D-tulostusta. Huomasin työtä tehdessä, että tämä on nykypäivän kuuma aihe, minkä johdosta tästä löytyi hyvin materiaalia artikkelien muodossa internetistä. Suuri osa käyttämästäni artikkeleista on ilmestynyt viimeisen vuoden ja kolmen vuoden sisällä. Löysin materiaalia etsiessä huomattavan määrän artikkeleita koskien bioprinttaamista, jonka uskon tulevan vieläkin suosittumaksi aiheeksi tällä alalla tulevaisuudessa. Hakiessani haastattelua Maker3D:lle huomasin, että hyvin moni pienyritys on aloittanut toimintansa Suomessa. 3D-tulostus on rantautumassa Suomeenkin nopealla tahdilla.</p> <p>Opinnäytetyöni päätelmissä totean, että olemme toistaiseksi vielä keskellä muutosta ja kehityssuunta on oikea, mutta vielä ei ole selvää mihin päädymme tässä muutoksen keskellä. Se on varmaa, että 3D-tulostuksesta tulee tunnetumpi ala tulevaisuudessa ja se mahdollisesti jopa yleistyy keskiverto kotitalouksissa. Monet asiat jäivät kuitenkin toistaiseksi paljastumatta.</p>	
<b>Asiasanat</b> 3D-tulostus, 3D-mallinnus, bioprinttaaminen	

<b>Author</b> Sofia Nieminen	
<b>Degree programme</b> Business Information Technology	
<b>Thesis title</b> 3D-printing	<b>Number of pages and appendix pages</b> 20 + 0
<p>The purpose of this study was to investigate 3D-printing; what are the possibilities it has to offer, how 3D-printing is shown in our market and how it affects us from the consumer's point of view. I show different perspectives to 3D-printing from the consumer's viewpoint and from the viewpoint of medicine to get a bigger picture of the topic.</p> <p>The study was carried out as follows I looked up a lot of sources, mainly news articles, on the internet. In the conclusion section I used two different books as source material. I got a chance to do two interviews a few years back: one with teacher Heikki Hietala from Haaga-Helia University of Applied Sciences and the other with entrepreneur Jarkko Loihilahti from Maker3D.</p> <p>The study revealed a lot of information about 3D-printing. I found out that it is the hot topic nowadays and due to that there were a lot of articles and information on the internet. Many of the articles I used as sources for this study were published during one to three years. I also found out a lot more out about bioprinting, which I believe will be more common in the near future. When I tried to get an interview with the Maker3D I found out that there are quite a lot of new companies in the 3D-printing field that have started their business during a couple of last years in Finland. 3D-printing is really starting to get its place in our world.</p> <p>The study concludes that we are in the middle of a change and the direction of the development seems quite right, but it is not yet clear what we are going towards. It is sure that 3D-printing will become more acknowledged and perhaps more common in ordinary households, but a lot of things remain unrevealed.</p>	
<b>Keywords</b> 3D-printing, 3D-modelling, bioprinting	

# Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Historia.....	2
2.1	1980-luku ja ensimmäiset patenttihakemukset .....	2
2.2	1990-luku ja ensimmäiset kaupalliset laitteet .....	3
3	Tekniikat pähkinänkuoressa .....	5
3.1	SLA - Stereolitografia .....	5
3.2	DLP – Digitaalinen valonkäsittely .....	5
3.3	LS - Lasersintraus .....	6
3.4	FDM – Pursotus .....	7
4	Materiaalit .....	9
4.1	Yleisimmät materiaalit.....	9
4.2	Se vihreämpi materiaali.....	10
4.3	Metallia ja puuta.....	10
4.4	Materiaalien ekologisuus ja eettisyys .....	10
4.5	Ruoka tulostusmateriaalina .....	11
5	Mahdollisuudet tavalliselle henkilölle .....	13
5.1	Skannaa ja tulosta .....	13
5.2	Palvelut.....	13
5.2.1	Thingiverse .....	14
5.2.2	Shapeways .....	14
5.2.3	Lasipalatsin Kaupunkiverstas .....	15
5.3	Laitteet.....	15
6	Bioprinttaaminen .....	17
6.1	Prototyypit.....	17
6.2	Jatkoa ajatellen .....	18
	Lähteet .....	21

# 1 Johdanto

Opinnäytetyössäni esittelen 3D-tulostustailmiönä, tuon esille hieman millaisia materiaaleja tulostukseen käytetään ja millaisia tulostimia kuluttajille markkinoidaan. Valitsin aiheeksi 3D-tulostuksen, koska se on relevantti aihe markkinoilla kuten myös teknologiainfoilijoiden keskuudessa.

Yksinkertaistettuna 3D-tulostettu esine muodostuu, kun 3D-tulostin tulostaa päällekkäisiä kerroksia 2D kuvioita. Tämän prosessin voi mahdollisesti ymmärtää helpommin kun kuvittelee tilanteen, kun omena on leikattu ohuiksi siivuiksi ja sitten kuinka siivu kerrallaan se rakennetaan uudestaan pohjasta ylöspäin. On olemassa kattava alue asioista, joita on mahdollista 3D-tulostaa. Tämän tekniikan variaatiot mahdollistavat niin paljon tulevaisuudessa. Esittelen opinnäytetyössäni muutaman näistä tekniikoista.

Historian alusta 3D-tulostamista on käytetty nopeampana prosessina lähinnä prototyyppien pikavalmistuksessa. Nykypäivänä 3D-tulostus on yhä lähempänä kuluttajaa, kun tulostimien hinnat ovat vuosien aikana laskeneet sellaiselle tasolle, että useammalla kuluttajalla on niihin varaa. 3D-tulostuksella on monia käyttömahdollisuuksia ja se antaa mahdollisuuden normaalille kotitaloudelle tulostaa joka päiväisiä tarvikkeita. Materiaaleina kuluttajille on suunnattu lähinnä muovipohjaisia tuotteita, mutta hintavimmat tulostimet voivat tulostaa esimerkiksi myös metallia, puuta tai sokeria.

Tulevaisuus tuo tullessaan mahdollisuuden tulostaa soluista kokonaisia sisäelimiä. 3D-tulostus on lääketieteessä automatisoinut ja nopeuttanut perinteisempää prosessia, jossa soluja viljeltiin alustalla manuaalisesti. Tätä kutsutaan bioprinttaamiseksi ja sitä on käytetty jo hieman aikaa tulostamaan prototyyppijä. Lääketieteellisellä alueella prototyyppien valmistamisesta on ollut hyötyä yleisesti esimerkiksi hammashoitoloissa, joissa he ovat tulostaneet potilaan hampaat. Mahdollisesti kymmenen vuoden kuluessa 3D-tulostus on kehittynyt niin pikkutarkaksi ja hienovaraiseksi prosessiksi, että sen avulla on mahdollista valmistaa toimivia sisäelimiä kuten sydän.

## 2 Historia

3D-tulostuksen historia juontaa juurensa pidemmälle kuin moni saattaisi uskoa. Ensimmäinen raapaisu 3D-tulostuksen tekniikasta tapahtui 80-luvulla, jolloin tekniikkaa kutsuttiin "Rapid Prototyping (RP)"-nimellä (3DPrintinIndustry.a). Suomeksi tämä kääntyy hieman kankeasti, mutta tekniikalla tarkoitetaan käytännössä nopeasti tuotettua fyysistä mallia tai esinettä, jonka valmistamiseen käytetään valittuja tekniikoita ja kolmiulotteista tietokonemallia. Prototyypin valmistaminen on massatuotettuun esineeseen nähden nopeampi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto. Prototyypillä voidaan mallintaa tuotetta, joka halutaan mahdollisesti ottaa massatuotantoon ja siten havainnollistaa tuotteen tuotantovaiheet sekä mahdolliset haasteet tuotannossa. RP-tekniikalla valmistettu 3D-tulostettu tuote on kiinteä ja koostuu kerroksista, jossa joka kerros vastaa tuotteen poikkileikkausta.

### 2.1 1980-luku ja ensimmäiset patenttihakemukset

Ensimmäisen patenttihakemuksen RP-tekniikasta haki Tohtori Hideo Kodama Nagoyan Kunnallisteollinen Tutkimuslaitos (*Nagoya Municipal Industrial Research Institute*) Japanissa toukokuussa 1980. Hän ei saanut täytettyä hakemusta täydellisesti kaikilla tiedoilla vuoden sisällä, minkä johdosta patettia ei myönnetty. (3DPrintinIndustry.a) Kodama kuitenkin toi julkisuuteen ensimmäisen toimivan photopolymer rapid prototyping järjestelmän vuonna 1981 (AVPlastics 2016).

Varsinaisesti 3D-tulostuksen historian voi jäljittää vuoteen 1986, jolloin yhdysvaltalainen Charles Hull sai patentin keksittyään SLA-tekniikan, joka juontaa juurensa sanasta stereolithography apparatus(3DPrinting Industry.a). Hän oli mukana keksimässä STL-formaattia, jolla CAD-ohjelmisto pystyy siirtämään 3D-mallinnetut tiedostot tulostimeen ja jota käytetään 3D-tulostimissa tänäkin päivänä. Vuonna 1983 Hull loi ensimmäinen additiivisella teknologialla tuotetun esineen. Tästä pienestä luomuksesta Hull jatkoi uraansa perustamalla vuonna 1986 3D Systems Corporation-yrityksen (3D Printing Industry.b 2014), joka on tänä päivänäkin toimiva, tuottavin yritys 3D-tulostuksen markkinoilla, ja jonka yritysarvo oli 2,8 miljardia vuonna 2015 (Forbes 2015). 3D Systems Corporation kaupallisti SLA-tulostimen virallisesti vuonna 1989 (3D Systems.). Ensimmäinen 3D Systems Corporationin RP-järjestelmä nimeltä SLA-1 esiteltiin julkisuudessa vuonna 1987 ja sellainen

myytiin 1988. 3D Systems Corporation ei kuitenkaan ollut ainut valmistaja aikanaan.

Markkinoille nousi muitakin tekniikoita, kuten SLS-tekniikka, joka juontaa sanoista selective laser sintering, ja johon yhdysvaltalainen Carl R. Deckard sai patentin vuonna 1987. Hän oli vuotta aikaisemmin perustanut kahden muun tutkijan kanssa Nova Automation -yrityksen, jotta he voivat jatkaa teknologian kehittämistä ja mahdollisesti kaupallistaa sen. Tukea yritys sai muun muassa Texasin Yliopistolta, josta Deckard oli valmistunut tohtoriksi. Vuonna 1989 Nova Automation muutti nimensä Desk Top Manufacturing:ksi (DTM), josta Deckard lähti kesällä 1993. Paljon myöhemmin, 2000-luvun alussa, DTM myytiin kilpailijayritykselle 3D Systemsille, jolle SLS-tekniikan haltuunsaaminen merkitsi suurta kasvua markkinaosuudesta. (The University of Texas 2012.)

Muutosta tapahtui myös Euroopan suunnalla, jossa saksalainen Hans Langer perusti EOS:n keskittyen lasersintraus (LS) prosessiin. Ensimmäinen asiakas oli BMW, joka tuki EOSin tuotekehitystä ja joka osti heidän ensimmäisen Stereos 400 järjestelmän. Julkaisuhetkellä EOS oli Euroopan ainut lasersintrausta käyttävä valmistaja. (EOS 2016.)

## **2.2 1990-luku ja ensimmäiset kaupalliset laitteet**

Kolmas mainitsemisen arvoinen patentti on Fused Deposition Modelling (FDM) tekniikasta, jonka yhdysvaltalainen Scott Crump sai vuonna 1992. Hän perusti vaimonsa Lisa Crumpin kanssa Stratasys:in, joka on yksi johtavista 3D-tulostinten valmistajista ja jolle kyseinen patentti kuuluu nykyäänkin. (3DPrintinIndustry.a) Heidän ensimmäisiä asiakkaita olivat esimerkiksi General Motors, 3M ja Pratt & Whitney. Stratasysin ensimmäinen tuote, the 3D Modeler -laite, tuotiin markkinoille ja myytiin vuonna 1992. Seuraava tuote, the Benchtop, tuli markkinoille jo seuraavana vuonna 1993. Nämä kummatkin laitteet olivat 90-luvun alussa hyvin kalliita, mutta vuonna 1996 kehitysyhteistyössä IBM:n kanssa Stratasys sai markkinoille ensimmäisen alle 100 000 \$:n RP-laitteen Genisys 3-D printerin, jolla hintaa oli vain 50 000 \$:ia. (Funding Universe 2016.)

Vuonna 1992 3D Systems loi maailman ensimmäisen SLA 3D Printer -laitteen, jonka avulla esineen valmistaminen onnistui nopeammin kuin

aikaisemmin(Goldberg 2014.). Samana vuonna myös DTM sai valmistettua maailman ensimmäisen SLS-laitteen The SinterStation yhteistyössä ulkopuolisen design-yrityksen Product Genesis:in kanssa. The SinterStation oli niin järeää valmistusta, että se ei hajonnut vaikka se kerran vahingossa putosi trukilta. (The University of Texas 2012.)

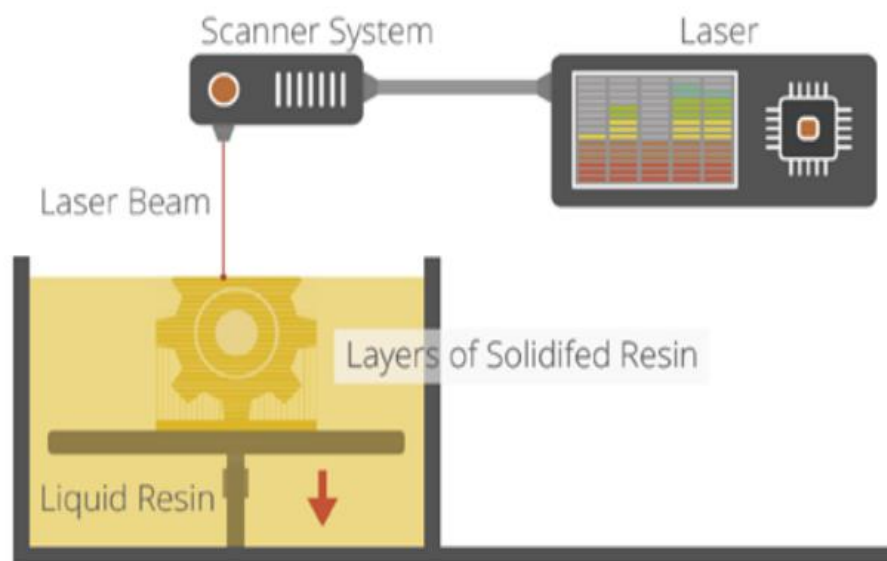
Läpi 90-luvun keksittiin uusia tekniikoita ja uusia patenteja haettiin. Nykyään markkinoilla on valtava kirjo erilaisia laitteita ja materiaaleja. Tässä opinnäytetyössä jatkamme nykytilan kuvaamisesta.



### 3 Tekniikat pähkinänkuoressa

#### 3.1 SLA - Stereolitografia

Stereolitografia on ensimmäinen valokovettamiseen perustuva teknologia ja sitä voidaan harkita jopa ensimmäiseksi 3D-tulostamisen prosessiksi. (Bhatia 2015.) Valmistuksessa käytettiin halutunkokoisessa astiassa tai altaassa olevaa liikkuvaa tasoa, joka on akryylihohjaisen liuoksen tai polymeerin ympäröimänä. UV-laservalolla ammutaan tasoa kohti ja valottunut osa etsaantuu kiinteäksi. Kuvassa 1 on kuvattu kuinka esine muodostuu astiassa laservalon ampuessa nesteeseen.



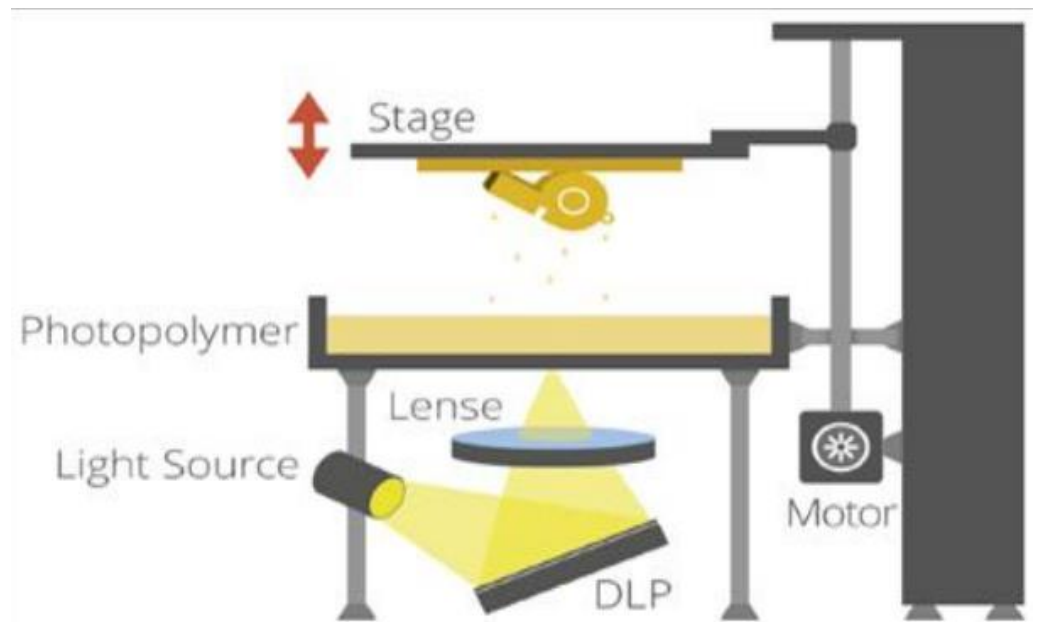
Kuva 1. Stereolitografian prosessi. Lähde: Bhatia, U. 2015

UV-laservalo osoittaa 3D-mallinmukaisesti yksitellen tiettyihin pisteisiin x- ja y-akselilla rakentaen esineen piste kerrallaan ja kerros kerrokselta. (Goldberg 2014.) Laservalo niin sanotusti piirtää kuvan liuokseen. Joka kerta kun yksi kerros on käyty läpi, liikkuu taso vähitellen alemmas ja alemmas astiassa, jotta on tilaa kasvattaa liuoksessa kovettuvaa esinettä. Tätä prosessia - valotus, kovettuminen, tason liike - jatketaan kunnes esine on täysin muodostunut astiassa ja se voidaan nostaa sieltä ylös. (Bhatia 2015.)

#### 3.2 DLP – Digitaalinen valonkäsittely

DLP muodostuu englannin kielisistä sanoista Digital Light Processing, joka kääntyy suomeksi: digitaalinen valonkäsittely. DLP:n prosessi muistuttaa jokseenkin SLA:n tekniikkaa ja yhteistä näillä on ainakin materiaalina käytettävä polymeeriliuos. Myös tämä tekniikka osoittaa astiassa olevaa

polymeeriliuosta valonlähteellä, mutta valon lähteestä koottavat säteet kerätään polttopisteeseen yhteen mikrojeilien ja linssien avulla luoden kuumentavan sädekimpun. (Firpa 2016.) Kuvassa 2 esitetään vaihe, jolloin tuote on jo valmis ja nostettu altaasta ylös.



Kuva 2. Digitaalisen valokäsittelyn prosessi. Lähde: Bhatia, U. 2015

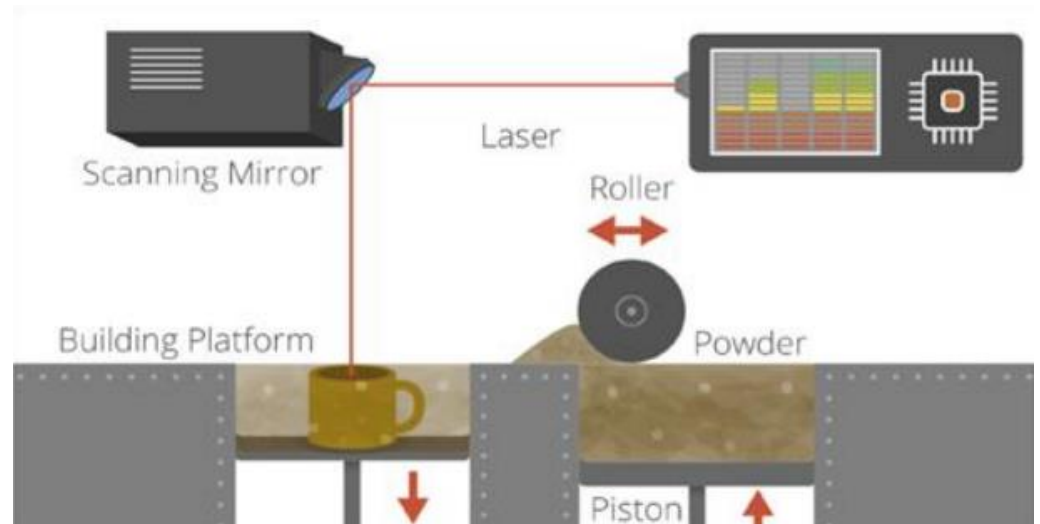
Tällöin sädekimpulla saadaan muodostettua kokonainen yhden kerroksen kuva 3D-mallista liuokseen. Valottunut osa kovettuu ja taso, jolle esinettä rakennetaan, liikkuu alemmas. Tässä toistuu käytännössä sama prosessi kuin SLA:n kohdalla (valotus, kovettuminen, tason liike), mutta prosessi on nopeampi sillä valotuksen aikana muodostuu koko kerroskuva. DLP-prosessissa esine kasvatetaan alustalle toisin päin kuin SLA-prosessissa ja esine tavallaan nostetaan altaasta. Prosessia jatketaan kunnes esine on täysin muodostunut ja liuos tyhjentynyt altaasta tai astiasta. Nopeamman tulostuksen lisäksi toinen eroavuus SLA:han verrattuna on tulostus tarkkuus eli korkeampi resoluutio tulosteessa. (WhiteClouds 2016.)

### 3.3 LS - Lasersintraus

Toinen termi englannissa lasersintraukselle on Laser Melting, joka jo itsessään kertoo eroavuuden kahteen edeltävään teknologiaan.

Lasersintrauksessa käytetään jauhemaista materiaalia täynnä olevaa astiaa, johon osoitetaan laserilla. Laser kulkee jauhepedillä x- ja y-akselilla piirtäen 3d-mallin kerroksen kuvan jauheeseen. Kun laser osuu jauheeseen, siinä olevat osat sulavat osittain ja yhdistyvät muodostaen kiinteämmän huokoisen osan

osan. Astiassa olevan jauheen pinta laskee sitä mukaa, kun uusia kerroksia muodostuu kappaleeseen. Tämän johdosta jokaisen kerroksen välillä rullalla pyörytetään astiassa olevan jauheen yli, jotta pinta pysyy tasaisena, tarpeeksi korkealla seuraavaa kerrosta varten. (Bhatia 2015.) Kuvassa 3 on esitettyä tämä prosessi.

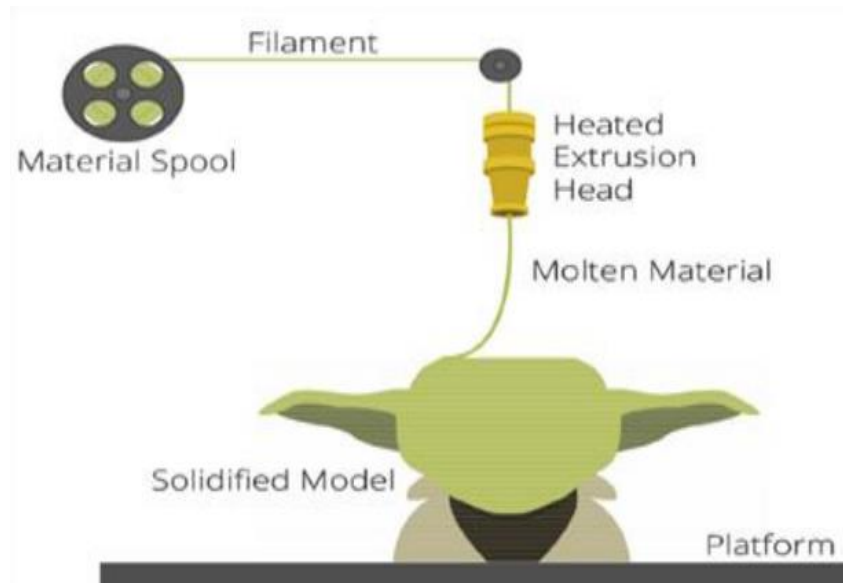


Kuva 3. Lasersintrauksen prosessi. Lähde: Bhatia, U. 2015

Kun jauheena käytetään metallijauhetta, ei muodostuvasta kappaleesta tule huokoinen vaan täysin kiinteä. Metallijauhetta sulattavalla tekniikalla on myös oma nimityksensä DMLS eli Direct Metal Laser Sintering. (Firpa 2016.)

### 3.4 FDM – Pursotus

FDM-tekniikka oli merkityksellinen, sillä monet kuluttajalle suunnatut laitteet käyttävät tätä tekniikkaa. Tekniikka juontaa sanoista fused deposition modelling ja tämä oli ensimmäinen pursottamiseen perustuva tekniikka. (Firpa 2016.) Pursottamiseen käytetään muovista filamenttinauhaa, jonka laite syöttää pursotuspäähän. Pursotuspää sulattaa muovin ja samalla laskee sulaneen nauhan tasolle. (Bhatia 2015.) Kuvassa 4 on esitettyä tämä tilanne ja 3D-malli ollaan rakennettu jo lähes valmiiksi.



Kuva 4. FDM-prosessi. Lähde: Bhatia, U. 2015

Riippuen laitemallista joko taso, jolle esine rakentuu, liikkuu tai pursotuspää liikkuu. Kummassakin vaihtoehdossa on puolensa. Nauhan avulla tasolle muodostetaan kerros kerrokselta 3D-malli, jonka jokainen nauhakerros sulautuu yhteen muovin jäähmettyessä. (Lohilahti 19.2.2014.)

## 4 Materiaalit

Materiaalitekniikoiden alati kehittyessä ja muuttuessa yhä moniulotteisemmiksi tulee jatkossa olemaan mahdollista tulostaa muutakin kuin muovina (Hietala 6.2.2014). Tällä hetkellä on olemassa jo useita materiaaleja muovista metalliin ja sokerista kantasoluihin bioprinttaamisessa. Kotikäyttöön tarkoitettuihin on lähinnä muovimateriaalia.

### 4.1 Yleisimmät materiaalit

3D-tulostimet ovat alkujaan suunniteltu tuottamaan prototyyppisiä, jonka johdosta useimmat materiaalit ovat kestäviä tai toisin sanoen termoplastista muovia (Lohilahti 19.2.2014). Kestomuuvi on sellaista, joka kuumentuessaan tiettyyn pisteeseen, sulaa. Suomen pikavalmistusyhdistyksen sivuilta voi lukea, että kestäville on ominaista sen lineaariset tai haaroittuneet molekyyliketjut, joiden välillä ei ole muodotunut kemiallisia sidoksia. Kestomuuville on hyvä iskun kestävyys ja sitä voi uudelleen työstää, kun lämittää ja pehmittää sitä. (Firpa 2016)

Yksi yleisimmistä materiaaleista muovien joukosta on ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), jolla on kestäville ominainen hyvä iskunkestävyys. Toinen yleisin on PLA (Polylactic Acid) tai polyaktidi, joka on biohajoavaa ja siten ympäristöystävällisempi kuin edellinen. (Filamentti 2015.) Oheisessa taulukossa on vertailua Näiden kahden yleisimmän filamenttimateriaalin kesken.

Taulukko 1. ABS- ja PLA-filamenttien vertailu tulostusmateriaaleina. Lähde: 3D Supply Guys. 2015

	ABS	PLA
Hyödyt	Korkea vahvuus, iskunkestävä	Hyvä vahvuus, käyttäjäystävällinen
Mahdollinen käyttötarkoitus	Liikkuvat osat, lelut	Kuluttajatuotteet, korkeammat tulostusnopeudet
Joustavuus	Matala jousto	Vähäinen jousto
Liukenevuus	Asetonissa	Ei liukene
Tulostuslämpötila	210-250°C	180-230°C
Lämmitetty tulostusalusta	Suosittelua lämpötila 50-100°C	Suosittelua, mutta ei välttämättömyys

Kutistuminen jäähdytysvaiheessa	Kutistuu, joten suositellaan tulostinta, jossa suljettu kammio	Kutistuu hieman, ei kuitenkaan yhtä herkästi kuin ABS
Tulostusvaikeus	Keskiverto, sillä tulostettaessa tarvitaan hienosäätöä	Helppo, laitetta tarvitsee säätää vain kerran tulostuksen aloituksessa

## 4.2 Se vihreämpi materiaali

PLA on joko maissitärkkelyksestä tai sokerijuurikkaasta valmistettu, minkä johdosta tämä on täysin biohajoava. Siten PLA:ta materiaalina kutsutaan biomuoviksi ja on tällä hetkellä kaikista ympäristöystävällisin tulostusmateriaali. (Ultimaker 2012.) Useilla 3D-tulostimia ja -tulostusmateriaaleja myyvillä yrityksillä yleisesti ottaen löytyy PLA:ta valikoimasta. Tällaisia yrityksiä ovat esimerkiksi suomalainen miniFactory, maailmankuulu Makerbot ja suomalainen verkkokauppa 3d-tulostus.fi.

## 4.3 Metallia ja puuta

ColorFabb on yksi suhteellisen tunnettu yritys 3D-tulostusalalta ja heiltä löytyy tuotevalikoimasta muun muassa woodFill, joka sisältää 30% kierrätettyjä puukuituja ja 70% PLA:ta. (ColorFabb 2016.) Heillä on tullut vuosien aikana myös uusia tuotteita kestopuovinauhoista kuten bambupohjaista, pronssista sekä kokeellisessa vaiheessa olevia messinkipohjaista ja kuparista. (ColorFabb 2016.) Täysin metallisia esineitä on mahdollista myöskin tulostaa, mutta sellaista materiaalia käsittelevän tulostimen hinta voi olla jopa 20 000 euroa (Lohilahti 19.2.2014).

Jos ei itse halua tulostaa metallia, niin voi kokeilla ostaa metallista tulostettuja esineitä tietyiltä verkkokaupoilta. Tälläisiin kuuluu esimerkiksi Shapeways.com, joka on yksi tunnetuimmista 3D-tulostuspalveluihin erikoisuva verkkokauppa, jossa on myös markkinapaikka. Siellä kuka vain voi myydä omia muotoilemiaan malleja, esineitä, taidetta tai tuotteita.

## 4.4 Materiaalien ekologisuus ja eettisyys

Vaikka materiaalit olisivat kuinka luontoystävällisiä, niin 3D-tulostettujen tuotteiden hienous onkin siinä, että tuotteista voidaan valmistaa onttoja, mikä

on ollut teollisuudessa massatuotannossa haastavaa (CO2-raportti 2013). Säästöä luonnolle tulee siinäkin, kun kuluttajien haluamat tuotteet valmistettaisiin suoraan kotona eikä niitä tarvitsisi kuljettaa esimerkiksi Kiinan tehtailta Suomeen. Muovien kierrätysmahdollisuus vahvistaa 3D-tulostuksen ekologisuutta entisestään.

Jotta filamenttien ekologisuutta ja eettisyyttä pystyttäisiin pitämään yllä, on Techfortrade-organisaatio perustanut säätiön, The Ethical Filament Foundation, tätä varten. Säätiön tarkoituksena on standardoida ja sertifioida eettisten filamenttituotteiden tuotanto, edustaa kierrätyskulttuuria ja olla mukana tukemassa tutkimusta jätteiden kierrättämisessä ja siinä, miten jätteitä voidaan käyttää filamenttien valmistusmateriaaleina. (Ethical Filament Foundation 2016.) Tämän avulla markkinoille saataisiin lisää niin sanottuja ”reilun kaupan tuotteita” ja varmistettaisiin, että niin sosiaaliset kuin taloudelliset sekä ympäristävälliset vaatimukset filamenttivalmistuksessa täyttyisivät tulevaisuudessa. Säätiö tekee yhteistyötä jo muutaman yrityksen kanssa, ja näistä yksi on esimerkiksi hollantilainen yritys Reflow Filament. Reflow Filament yhdessä techfortrade:n kanssa edistää jätteenkerääjien työllistymistä kehitysmaissa. (Techfortrade 2016.)

Techfortrade, joka käynnisti Ethical Filament Foundationin, on itsessäänkin melko uusi hyväntekeväisyysorganisaatio ja perustettu vuonna 2011. Techfortraden ydintarkoituksena on tuoda vähäosaisemman ja köyhän kansan ulottuville kaupan esteet poistavia, uuteen teknologiaan perustuvia ratkaisuja. Heidän tavoitteenaan on myös rakentaa suuri teknologia-alan yhteisö, jolla olisi mahdollisuuksia jakaa ajatuksia muiden kanssa. (Appropedia 2016.)

#### **4.5 Ruoka tulostusmateriaalina**

Muutama vuosi sitten NASA rahoitti 125 000 dollarilla tutkimusta koskien ruoan tulostamista ja miten sitä pystyisi käyttämään avaruudessa. Tutkimus on toistaiseksi hyvin alkuvaiheessa ja vasta monen vuoden päästä sitä varsinaisesti testataan oikealla avaruuslennolla. NASA:n Advanced Food Tehcnology –ohjelmassa ollaan kiinnostuneita sijoittamaan tutkimukseen, jolla saataisiin kehitettyä uusia tekniikoita ruokatuotantoon täyttäen tärkeät vaatimukset kuten ruoan turvallisuus, monipuolisuus ja ravintoarvoinen tasapaino. Näillä vaatimuksilla edesautetaan pitkien avaruusmatkojen tekemistä. (NASA 2013.)

Tämän hetkiselä ruokaj rjestelm ll  NASA on pystynyt toistaiseksi tarjoamaan avaruusmatkoille lujasti pakattua ruokaa, josta sen prosessoinnissa on hävinnyt useita microravintoaineita johtuen siitä, ettei avaruuslennolla ole mahdollista käyttö ylimääräistä enrgiaa jäähdytysjärjestelmän kuten jääkaapin ylläpitämiseen. (NASA 2013)



## 5 Mahdollisuudet tavalliselle henkilölle

Katso ympärillesi - Kuinka monta, suurin piirtein 50cm x 50cm x 50cm, esinettä huomaat lä hettyvilläsi? 3D-tulostus mahdollistaa hyvin monien esineiden valmistamisen; vain taivas on rajana valittaessa mitä tulostaa. Tästä huolimatta ensimmäiset kompastuskivet kuitenkin osuvat eteen valittaessa tulosteen kokoa, materiaalia ja laatua unohtamatta 3D-mallinnusta. 3D-tulostin tarvitsee 3D-mallin, jotta haluamasi esine voidaan valmistaa. Kaikista yleisin tiedostomuoto on STL, joka juontaa juurensa stereolitografia-termistä. Vaikka 3D-mallintaminen ei vielä onnistuisi täysin, löytyy markkinoilta sitä korvaavia vaihtoehtoja.

### 5.1 Skannaa ja tulosta

“Tee-Se-Itse” -tyyppiselle henkilölle 3D-tulostin voi olla unelmien täyttymys. Harva kuitenkaan osaa 3D-mallintaa esineitä yhtä helposti kuin mallintamiseen suuntautuneet asiantuntijat ja muotoilijat. Jos henkilöllä on vaikeuksia käyttää 3D-mallinnusohjelmaa tai mallintaminen ei ole niin luontevaa kuin sen toivoisi olevan, niin vaihtoehtoisesti 3D-mallin tekemiseen voi käyttää 3D-skanneria.

Skannerit ovat yhä halvempia ja niitä löytyy enenevässä määrin markkinoilta esimerkiksi MakerBot Digitizer (MakerBot 2014) ja 3D-skanneri, jonka saa kiinni iPadiin (The Verge 2014). Skanneri antaa käyttäjälleen täyden vallan skannata lähes mitä tahansa ympäristöstään, vaikka tuotteella onkin hintansa. Yksi luova esimerkki skannauksesta oli 3D-suunnittelija ja taitelija Lorna Barnshaw:lta, joka skannasi omat kasvonsa ja tulosti kolmiulotteisen muotokuvan itsestään (Flaherty 2013). Luonnollisesti tämän idean voi kuka vain skannerin omaava toteuttaa halutessaan.

### 5.2 Palvelut

Markkinoilla on muutama suosituksi nousseista palveluista, joiden suosio jatkaa nousuaan ja palvelu kehittyy yhä paremmaksi. Shapeways ja Thingiverse rohkaisevat kummatkin olemuksellaan käyttäjiä olemaan luovia sekä kokeilemaan uutta.

### 5.2.1 Thingiverse

Thingiverse (Thingiverse 2014.) on hyvin tunnettu sivusto ja josta löytyy tuhansia avoimen lähdekoodin lisenssillä varustettuja 3D-malleja.

Thingiversen laaja valikoima 3D-malleja jatkaa kasvuaan sitä mukaa, kun yhteisö lisää sivustolle lisää luomuksiaan. Kyseessä on MakerBotin isännöimä palvelu, joka tarjoaa suurehkon valikoiman 3D-malleja käyttäjiltä ympäri maailmaa. Tämä saattaa kuulostaa aluksi omituiselta, että niin suuri valikoima 3D-malleja on ilmaisia, ja saattaa herättää epäilystä niiden laadusta. Laadun takaavat käyttäjät ja ammattimaiset 3D-mallintajat, jotka hämmästyttävät käyttäjiä luomuksillaan. Thingiverse innoittaa lataamaan 3D-malleja, sillä se on vaivatonta ja tarjoaa mahdollisuuden päästä kokeilemaan tulostamista.

Suurin osa ladattavista tiedostoista on .stl-muodossa, joka on lähes kaikkien tulostimien tukema tiedostomuoto. Thingiversessä on kaikilla käyttäjillä mahdollisuus jakaa luomuksiaan. Suurin osa Thingiversen 3D-malleista käyttää Creative Commons -lisenssiä, mutta on myös muitakin lisenssejä, joita liittyy tiedostoihin. Tämän takia on hyvä huomioida, että toimii lisenssien ohjaamalla tavalla eikä yritä hyötyä toisten saavutuksista. Thingiverse rohkaisee jokaista jakamaan luomuksiaan toisille ilman veloitusta, ja perustelu on melko selkeä, kuten vanhassa sanonnassa kehoitetaan: "Jaettu ilo on paras ilo" tai sama englanniksi "Sharing is caring".

### 5.2.2 Shapeways

Toinen vaihtoehto on ostaa valmis tuote. Valmiita tuotteita voi ostaa jo aiemmin mainitsemaltani sivustolta Shapeways:ltä (Shapeways 2014.), jonka valikoima on Thingiversen kaltaisesti samanlaisessa kasvussa. Käyttämällä heidän palveluaan saa pienen kuvan siitä mitä 3D-tulostuksella voi tehdä. Siinä on mahdollista myös säästää rahaa, jos mielessä on vain muutama asia, jonka haluaa tulostaa.

Shapewaysissa voi ostaa muiden käyttäjien tekemiä 3D-tuotteita tai julkaista oman 3D-mallinsa ja laittaa sille hinnan sekä käytettävän materiaalin. Shapeways tarjoaa laajan valikoiman tuotteita lelufiguureista koruihin ja käyttötarvikkeisiin. Tuotteiden materiaalit vaihtelevat tuotekohtaisesti ja voivat olla muovin lisäksi metallia, keraamia sekä kullattua tai hopeoitua materiaalia.

Tuotteiden hinnat vaihtelevat käytettävän materiaalin pohjalta sekä designin ja taiteilijan oman näkemyksen perusteella, mutta ovat kuitenkin kohtuuhintaisia elleivät jopa halvempia kuin tavallisissa myymälöissä. Mahdollisesti hintoihin vaikuttaa kasvava kysyntä ja kiinnostus 3D-tulostusta kohtaan. Joka tapauksessa, Shapeways on yksi 3D-tulostajan ehdottomimpia tutustumiskohteita. Shapewaysin laaja valikoima voi antaa ideoita 3D-mallintajalle ja käsitystä kuluttajalle siitä, mitä kaikkea voidaan oikeasti 3D-tulostaa.

### **5.2.3 Lasipalatsin Kaupunkiverstas**

Vieläkin halvemmän mahdollisuuden tarjoaa tällä hetkellä Helsingin kirjasto Lasipalatsin Kaupunkiverstaalla. Siellä voi käydä itse tulostamassa valitsemansa tulosteen. Kirjasto tarjoaa tulostuspalvelun samaan hintaan kuin normaalin paperitulosteen eli 40 senttiä, kuten heidän sivultaan voi nähdä. Materiaalina heillä on PLA-muovi ja laitevaihtoehtoina Ultimaker sekä suomalainen miniFactory. Kirjasto ehdottaa sivullaan hakemaan mallin esimerkiksi Thingiverse-sivustolta ellei halua itse tehdä 3D-mallinnusta. (Helmet 2016.)

### **5.3 Laitteet**

Kun aloittaa kotikäyttöön tarkoitettujen 3D-tulostimien vertailun, huomaa varmasti hintaerot eri laitteiden välillä. Hankittaessa 3D-tulostinta on suositeltavaa harkita seuraavia kohtia:

- Kuinka laadukkaan tulostimen haluaa hankkia?
- Millaisia materiaaleja ja värejä haluaa käyttää tulostamiseen?
- Kuinka suuria tulosteita haluaa valmistaa?
- Kuinka paljon rahaa on valmis sijoittamaan tulostimeen?
- Millainen käyttöliittymä laitteessa olisi hyvä? Onko väliä laitteen ulkonäöllä?
- Onko tulostamiseen vain muutama idea vai useampi?
- Haluaako sijoittaa kotimaiseen vai ulkolaiseen?

Mahdollisesti näistä kohdista suurin kysymys on edelleen raha. Hintaluokassa suhteellisen korkealle asettuva MakerBot tarjoaa toki hinnalle vastinetta. MakerBot-laitteet ovat kehuttuja laadustaan ja visuaalisesta ulkonäöstään. Hintahaarukka tässä tuotesarjassa vaihtelee 1300 euron ja 6500 euron välillä.

Eikä tietenkään pidä unohtaa suomalaista versiota miniFactory:lta. Heidän 3D-tulostimensa perustuu avoimeen lähdekoodiin (Hietala 6.2.2014) MiniFactory toimii Seinäjoella ja hintaluokka vaihtelee 1300 eurosta 7600 euroon.

## 6 Bioprinttaaminen

Biotulostaminen on suhteellisen uusi teknologia ja keskellä suuria muutoksia. Noin kymmenen vuotta sitten Anthony Atala valmisti virtsarakon käyttäen bioprinttaamisen ensimmäisiä tekniikoita (Atala 2011). Muutama vuosi sitten nanoteknologikko valmisti korvan, jolla on mahdollista kuulla eri radiotaajuuksia (Clark 2013b). Tämän lisäksi Kardiovaskulaarisessa Innovatiivisessa Tutkimuslaitoksessa (*Cardiovascular Innovation Institute*) suunnitellaan jo mahdollisen elävän, kantasoluista rakennetun ja toimivan sydämen tulostamista, joka olisi mahdollista toteuttaa täysin 10 vuoden kuluttua. (Clark 2013a.)

### 6.1 Prototyypit

Vielä toistaiseksi tällä alalla ollaan melko alkukantaisessa vaiheessa, mutta ensi askeleet on jo otettu. Bioprinttaaminen tulee siirtymään tulevana vuosina yhä nopeampaan kehitysvaiheeseen. Kehitys ei toistaiseksi ole ollut kovin huimaa ja tohtori Kevin Shakesheff uskoo, että isoimmat ongelmat nykytilanteessa osuvat rahan ja projektien rahoituksen kohdalle. (Clark 2013a.)

Nanoteknologikoille on mahdollista nykyisellä teknologialla ja laitteistolla tutkia sekä valmistaa elimien prototyyppisiä. Kantasolujen kasvattaminen ei ole uutta teknologiaa, mutta kasvatusprosessia voitaisiin nopeuttaa 3D-tulostamista hyödyntäen. S.K. Williams väittää, että toistaiseksi 3D-tulostaminen on liian epätarkkaa teknologiaa jotta voitaisiin tulostaa yksittäisten solujen tasolla. (Hsu 2013.) Tämän rajoitteen johdosta tutkijat ovat suunnitelleet suuntaavansa 3D-tulostimen käytön miniatyyri versioiden valmistukseen kuten elinkudoksen valmistamiseen, mitä voidaan käyttää esimerkiksi lääkeainetestauksessa.

Laboratorio ja tutkimusyrittäjä Organovo on yksi pioneereista tällä lääketieteellisellä alueella ja he ovat saaneet rakennettua toimivan verenkiertojärjestelmän, joka muistuttaa toiminnoiltaan maksan toimintaa. Maksa-prototyyppi on hyvin ohut, vain viiden paperiliuskan paksuinen, ja Organovo suunnittelee ottavansa useampia samanlaisia prototyyppisiä käyttöön lääkeainetestaukseen. (Mearian 2013.) Kun testauksessa käytetään

tällä teknologialla tuotettua prototyyppiä, ovat testitulokset paljon todenmukaisemmat kuin jos testaus kohdistuisi eläimen elimeen.

Vaikkakin on mahdollista valmistaa ihmisessä olevia kudoksia manuaalisesti, on 3D-tulostus avainasemassa prosessin automatisoinnissa ja tehostamisessa. Jordan Miller, bioinsinööri Ricen yliopistosta, on vakuuttunut 3D-tulostuksen tarjoamista mahdollisuuksista ja uskoo, että sen avulla heille on se on tilaisuus kasvaa ja skaalata suuremmaksi. Miller ja hänen yhtiökumppaninsa ovat saaneet selville, että on hyvin haasteellista luoda biokemiallisia reaktioita esimerkiksi maksaan tai munuaisiin niiden helposti särkyvän ominaisuuden takia sekä niitä on vaikeaa pitää elävänä laboratorioympäristössä. (Mearian 2013)

## **6.2 Jatkoa ajatellen**

Yleensä ihmisten kuulla bioprinttaamisesta he ajattelevat ensimmäisenä elinsiirteitä. Liikkeellä on ollut spekulatiota kokonaisen toimivan elimen tulostamiseen liittyen ja Stuart K. Williams Kardiiovaskulaarisesta Tutkimuslaitoksesta on täysin vakuuttunut sen olevan mahdollista kymmenen vuoden kuluessa (Clark 2013a). Tulostetut elimet ja elinsiirteet voisivat auttaa niin monia ihmisiä, joilla olisi vaativaa tarvetta elinsiirteelle. Elin tietenkin valmistettaisiin potilaan omista soluista, mikä on äärimmäisen tärkeää jotta elin sopeutuu potilaan kehoon ja jotta elin voi toteuttaa tarkoitustaan sekä toimintojaan oikealla tavalla.

Elinsiirteet ja tulostetut elimet mahdollistaisivat sellaisille henkilöille, joilla ei ole niin vaativaa terveydellisistä syistä johtuvaa tarvetta elinsiirteelle voisivat mahdollisesti parannella nykyisiä ominaisuuksiaan. Sellainen voisi mahdollistaa jopa kyborgisten ominaisuuksien implementoimista ihmiseen kuten vahvemmat lihakset tai radioaaltoja kuuleva korva tai bioninen silmä, jolla voi tarkentaa enemmän kuin tavallisella silmällä. Ehkä jokin päivä tällaisten ominaisuuksien ja parannusten lisääminen voi olla mahdollista. Sitä ennen on kuitenkin otettava vaaditut askeleet jotta saamme nykyisen teknologian tarpeeksi kehittyneeksi.

## 7 Pohdinta

Uskoisin, että 3D-tulostus on vielä hyvin varhaisessa kehitysvaiheessa vaikkakin kehitystä on tapahtunut jo 80-luvulta lähtien. Suunta on kuitenkin oikea. Siitä olen kuitenkin varma, että 3D-tulostus tulee vaikuttamaan jokaisen elämään tulevaisuudessa eikä ainoastaan yhdellä tuotannon alueella. 3D-tulostaminen tulee muokkaamaan sitä, miten näemme asiat ja kuinka voimme kehittyä muotoilun, suunnittelun sekä tuotannon saralla. Tämän lisäksi suurena kehitysalueena tulee olemaan lääketieteellinen ala.

Kirjassa 3D Printing with Biomaterials kerrotaan, kuinka 3D-tulostaminen mahdollistaa halvemman tuotannon, kun markkinoilla tapahtuu paljon pienempiä sijoituksia yksittäisten henkilöiden toimesta verrattaen pienempään määrään suuria sijoituksia yritysten osalta. Tällä alalla jo viime vuosien aikana on tapahtunut kasvua markkinoilla esimerkiksi vuoden 2012 kasvu verrattuna vuoteen 2011 oli 29%. Tätä kasvua on jatkunut vuosittain sen jälkeen noin 30% joka vuosi ja sen on arvioitu kasvavan myös tulevina vuosina. (Van Wijk & van Wijk 2015, 31-34.)

Luulisin, että näin suuren kasvun vaikutuksia ei vielä pysty näkemään kunnolla Suomessa. Voisi toivoa, että 3D-tulostamista markkinoitaisiin enemmän normaaleihin kotitalouksiin ja tuotaisiin sen hyötyjä esille paremmin. Koen vielä, että 3D-tulostuksella on rajansa koskien keskiverto kansalaista, sillä tulostaminen vaatii hieman perehtyneisyyttä 3D-mallinnukseen, jos todella haluaa tulostaa ihan mitä tahansa. Tällaiset ihmiset voitaisiin kuitenkin tavoittaa kehittämällä sopivia palveluita, joiden avulla jokaisella olisi mahdollisuus kokeilla 3D-tulostusta. Myöskin kouluissa näkisin hyvin tärkeänä 3D-mallinnuksen opettamisen ja mahdollisesti 3D-tulostamisen esittelyn opiskelijoille.

3D-tulostusta olisi hyvä mielestäni lähestyä avoimen lähdekoodin, yhteisen hyvän ja jakamisen näkökulmasta. 3D-tulostaminen on alkujaan herättänyt tieteenalalla suurta väittelyä koskien immateriaalioikeuksia, tekijänoikeuksia, patenteja ja tavaramerkkejä. Jo aiemmin ollaan huomattu kuinka suuri vaikutus internetillä on ollut kohdistuen esimerkiksi musiikki- sekä elokuvateollisuuteen, jotka käyvät jatkuvaa taistoa piratismia vastaan. Tämän tapainen lopputulos voitaisiin mahdollisesti välttää näyttämällä suurelle yleisölle kuinka immateriaalioikeudet liittyvät ja vaikuttavat 3D-tulostamiseen.

(Van den Berg, van der Hof & Kosta 2016, 12-13.) Olen melko vakuuttunut, että tämä asia tarvitsee vielä paljon hiontaa ennen kuin jokaiselle on selvää mitä on laillista ja sallittua tulostaa. Uskoisin, että ollaan siitä huolimatta kulkemassa oikeaan suuntaan monien Creative Commons –lisensseillä varustettuja malleja tarjoavien palveluiden kohdalla. Esimerkiksi Thomas Margoni ehdottaa, että EU:n sisällä otettaisiin Creative Commons –lisenssipohjainen käytäntö tuotesuunnittelun tekijänoikeuksien suojaamiseksi, sillä se on tällä hetkellä yksi suosituimmista ja yleisimmistä lisensseistä (Van den Berg, ym. 2016, 61).

Odotan sitä aikaa, kun 3D-tulosteet ovat paljon enemmän kuin prototyypppejä. Kehityksen suunta on varmasti oikea, mutta hintataso voi olla yksittäiselle kuluttajalle vielä liian korkealla. Innokkaimmilla onkin varmasti jo omat 3D-tulostimet. Vuosien varrella olen kuitenkin huomannut hintojen liikkuvan jonkin verran alas ja yhä useampi yritys esittelee yhä halvempia 3D-tulostuslaitteita Kickstarterissa, joka on yhdysvaltalainen joukkorahoituspalvelu erityisesti luoville projekteille. Kaikenkaikkiaan tämä ala tulee varmasti jatkossakin kasvamaan ja tarjoamaan yhä kiinnostavampia ratkaisuja jokapäiväiseen elämään.



## Lähteet

3DPrintinIndustry.a. History of 3D Printing: Free Beginner's Guide.

Luettavissa: <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/> Luettu: 20.3.16

3DPrintinIndustry.b. 2014. 3D Printing Inventor To Receive Honour From National Investors Hall of Fame.

Luettavissa: <http://3dprintingindustry.com/2014/03/18/3dpi-tv-3d-printing-inventor/> Luettu: 1.4.2016

3D Supply Guys. 2015. 3D Filament Guide: Popular 3D Printing Filaments.

Luettavissa: <https://pinshape.com/blog/popular-3d-printing-filaments-3d-printer-filament-types/>

3D Systems. About 3D Systems. Luettavissa:

<http://www.3dsystems.com/about-us> Luettu: 20.3.2016

Appropedia. 2016. Techfortrade. Luettavissa:

<http://www.appropedia.org/Techfortrade> Luettu: 26.4.2016

Atala, A. 2011. Printing a human kidney. TED. Katsottavissa:

[http://www.ted.com/talks/anthony\\_atala\\_printing\\_a\\_human\\_kidney](http://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney) Katsottu: 1.3.2014

AVPlastics. 2016. 3D Printing History. Luettavissa:

<http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history> Luettu: 20.3.16

Bhatia, U. 2015. 3D Printing Tehcnology. International Journal of Engineering and Technical Research, 2, 3, 327-329. Luettavissa:

[https://www.erpublication.org/admin/vol\\_issue1/upload%20Image/IJETR031424.pdf](https://www.erpublication.org/admin/vol_issue1/upload%20Image/IJETR031424.pdf) Luettu: 15.5.16

Clark, L. 2013a. Bioengineer: the heart is one of the easiest organs to bioprint, we'll do it in a decade. The Wired. Luettavissa:

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-11/21/3d-printed-whole-heart> Luettu: 31.1.2014

Clark, L. 2013b. Study: 3D-printed ear made from calf cells and silver 'hears'. The Wired. Luettavissa: <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-05/2/3d-printed-ear-cyborgs> Luettu: 1.2.2014

CO2-raportti. 2013. 3D-tulostus on edullista ja ympäristöystävällistä. Luettavissa: [http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastouutisia&news\\_id=3989](http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastouutisia&news_id=3989) Luettu: 26.4.2016

ColorFabb. 2016. ColorFabb woodFill. Luettavissa: <http://colorfabb.com/woodfill-fine> Luettu: 3.3.2016

EOS. 2016. Turning innovativ ideas into a suces story: with Additive Manufacturing from prototypes to serial production. Luettavissa: [http://www.eos.info/about\\_eos/history](http://www.eos.info/about_eos/history) Luettu: 20.4.2016

Ethical Filament Foundation. 2016. Luettavissa: <http://ef.techfortrade.org/> Luettu: 26.4.2016

Filamentti. 2015. Tekniset tiedot PLA. Luettavissa: <http://www.filamentti.com/tekniset-tiedotPLA/> Luettu: 25.4.2016

Firpa. 2016. Sanasto. Luettavissa: [http://www.firpa.fi/html/sanasto\\_html.html](http://www.firpa.fi/html/sanasto_html.html) Luettu: 28.4.2016

Flaherty, J. 2013. Look at this lady's amazing 3D printed selfie. Luettavissa: <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-11/26/3d-printed-selfie> Luettu: 31.1.2014

Forbes. 2015. #18 3D Systems Corporation. Luettavissa: <http://www.forbes.com/companies/3d-systems/> Luettu: 20.3.16

Funding Universe. 2016. Stratasys, Inc. History. Luettavissa: <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/stratasys-inc-history/> Luettu: 15.4.2016

Goldberg, D. 2014. History of 3D Printing: It's older than you are (That is, if you're under 30) Luettavissa: <https://lineshapespace.com/history-of-3d-printing/> Luettu: 20.3.16

Helmet. 2016. Luettavissa: [http://www.helmet.fi/fi-Fi/Kirjastot\\_ ja\\_ palvelut/ Kaupunkiverstas/Juttuja\\_kirjastosta/Tervetuloa\\_kokeilemaan\\_3Dtulostusta\\_Kaup\(17945\)](http://www.helmet.fi/fi-Fi/Kirjastot_ ja_ palvelut/ Kaupunkiverstas/Juttuja_kirjastosta/Tervetuloa_kokeilemaan_3Dtulostusta_Kaup(17945)) Luettu: 2.5.2016

Hietala, H. 6.2.2014. Opettaja. HAAGA-HELIA ammattikorkeakoulu. Haastattelu. Helsinki.

Hsu, J. 2013. 3D-printed Kidneys Take Small Steps Toward Organ Replacements. LiveScience. Luettavissa: <http://www.livescience.com/41480-3d-printed-kidneys-take-small-steps.html> Luettu: 23.2.2014

Lohilahti, J. 19.2.2014. Toimitusjohtaja, Maker3D. Haastattelu. Helsinki.

MakerBot. 2014. Store page. Luettavissa: <https://store.makerbot.com/> Luettu: 3.2.2014

Mearian, L. 2013. The first 3d PRINTED ORGAN -- a liver -- is expected in 2014. Computerworld. Luettavissa: [http://www.computerworld.com/s/article/9244884/The\\_first\\_3D\\_printed\\_organ\\_a\\_liver\\_is\\_expected\\_in\\_2014](http://www.computerworld.com/s/article/9244884/The_first_3D_printed_organ_a_liver_is_expected_in_2014) Luettu: 23.2.2014

MiniFactory. 2013. PLA printing material. Luettavissa: <http://www.minifactory.fi/product/pla-1-75mm> Luettu: 10.2.2014

NASA. 2013. 3D Printing: Food in Space. Luettavissa: [http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature\\_3d\\_food.html#.Vyi3OfmyNBc](http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food.html#.Vyi3OfmyNBc) Luettu: 30.4.2016

Shapeways 2014. Steel Material Information. Luettavissa: <http://www.shapeways.com/materials/steel> Luettu: 1.2.2014

Techfortrade. 2016. 3D printing initiatives. Luettavissa: <http://techfortrade.org/our-initiatives/3d4d-challenge/new-approaches-to-community-based-manufacturing/> Luettu: 26.4.2016

The University of Texas at Austin, Mechanical Engineering. 2012. Selective Laser Sintering, Birth of an Industry. Luettavissa:

<http://www.me.utexas.edu/news/news/selective-laser-sintering-birth-of-an-industry> Luettu: 1.4.2016

The Verge 2014. Hands-on with the structure sensor iPad-mounted 3D-scanner. Katsottavissa: <http://www.theverge.com/2014/1/9/5293366/structure-sensor-ipad-mounted-3d-scanner-video> Katsottu: 10.1.2014

Thingiverse. 2014. Luettavissa: <http://www.thingiverse.com/> Luettu: 31.1.2014

Ultimaker 2012. PLA. Luettavissa: <http://wiki.ultimaker.com/PLA> Luettu: 3.3.2014

Van den Berg, B, van der Hof, S. & Kosta, E. 2016. 3D Printing: Legal, Philosophical and Economic Dimensions. T.M.C. Asser Press. Den Haag.

Van Wijk, I. & van Wijk, A. 2015. 3D Printing with Biomaterials: Towards a Sustainable and Circular Economy. IOS Press. Amsterdam.

WhiteClouds.2016. Digital Light Processing (DLP). Luettavissa: <https://www.whiteclouds.com/3dpedia-index/digital-light-processing-dlp> Luettu:17.5.16